

VERIFICACIÓN OBJETIVA DE LA PRECIPITACIÓN CON ESTACIONES DE LA RED SECUNDARIA

José A. García-Moya
María del Carmen Martín Herreros

Servicio de Modelización Numérica del Tiempo. INM

RESUMEN

La precipitación es uno de los parámetros más importantes para la predicción del tiempo. Al mismo tiempo se trata de uno de los más difíciles de verificar, debido a su enorme variabilidad espacial. Es bastante normal que cuando se incluyen los datos de la red secundaria del INM, los valores de precipitación de una determinada región cambien drásticamente. Debido a todo esto los resultados de los índices clásicos de verificación de parámetros de modelos numéricos no arrojan mucha luz sobre la calidad de los modelos. Se presentan en este trabajo los resultados de la verificación de la precipitación de los modelos Hirlam y Centro Europeo para los años 1996, 1997 y 1998, usando como observaciones tanto los valores de las estaciones principales como de las secundarias. Se han obtenido resultados para independientes para cada región de la Península y Baleares y para el conjunto de todas las estaciones. Los resultados pueden consultarse en la intranet del INM, http://www0.inm.es/wwi/Cuencasgraf/Composicion_cuencas.html.

1. Introducción

Entre los parámetros que se pueden obtener de un modelo numérico la precipitación es uno de los parámetros más importantes. No solamente por la importancia que le da el público en general, sino porque de los fenómenos meteorológicos más peligrosos desde el punto de Protección Civil, las precipitaciones intensas son, probablemente, el más frecuente de ellos.

Sin embargo, la verificación objetiva de la precipitación procedente de los citados modelos numéricos es muy complicada. Esto se debe a varias causas que no son fáciles de subsanar. La primera es la gran variabilidad espacial que tiene la precipitación, sobre todo si es convectiva. Es bastante normal que cuando se incluyen las observaciones de la red secundaria del INM (estaciones pluviométricas) en los casos de estudio de grandes precipitaciones, el patrón de la precipitación y las cantidades máximas recogidas varíe mucho. Al mismo tiempo no es difícil que a poca distancia de una observación con gran cantidad de precipitación haya otras con cantidades mucho menores.

La segunda causa es que los índices clásicos de verificación objetiva de modelos no sirven para la verificación de la precipitación. Estos índices penalizan mucho el desfase de la predicción respecto de la observación. Esto resulta un factor muy importante en el caso de variables meteorológicas poco suaves (casi discontinuas) como la nubosidad y la precipitación. Es necesario entonces calcular otros índices que representen mejor la calidad de los modelos numéricos respecto de las predicciones de precipitación.

Para tener una idea clara de la calidad de las predicciones de precipitación obtenidas tanto a partir del Hirlam como del modelo del ECMWF, se ha realizado una verificación objetiva de los datos de precipitación de los citados modelos durante los años 1996, 1997 y 1998. Se han usado todas las estaciones pluviométricas disponibles en los archivos climatológicos del INM y se han calculado tanto los índices clásicos como los derivados de las tablas de contingencia de precipitación por umbrales.

Los resultados se han separado por regiones de la Península y Baleares y se han calculado también los generales para todas las estaciones. También se presentan resultados para cada periodo de los tres años y para cada mes y cada estación promedio. El resultado es una gran cantidad de diagramas de verificación que no podemos mostrar aquí y para que sean de libre acceso para todo el personal del INM se han colocado en nuestra intranet (http://www0.inm.es/wwi/Cuencasgraf/Composicion_cuencas.html). Aquí presentaremos un resumen de los resultados obtenidos para el conjunto de las cuencas pluviométricas tenidas en cuenta.

2. Verificación objetiva de la precipitación

Ya hemos señalado más arriba que los índices clásicos de verificación objetiva de modelos, bias (error medio) y raíz cuadrada del error cuadrático medio (rms) no son adecuados para la verificación de la precipitación. Esto es debido a que penalizan los desfases de la predicción respecto de la observación. En el caso de la precipitación esta penalización puede llegar a enmascarar los resultados de la verificación.

Por ejemplo, si tenemos un modelo con una máximo de precipitación en una determinada zona y la observación de la misma 100 Km. al Este, y lo comparamos con otro modelo que no ha dado nada de precipitación, el rms del primero será mayor que el del segundo, sin embargo, como guía de predicción es mucho mejor el primero modelo que el segundo.

Por estas razones para la verificación objetiva de la precipitación se calculan tablas de contingencia, iguales que las que normalmente se usan para la verificación de predicciones de fenómenos meteorológicos (niebla, o no niebla) (Daan 1984, Stanski et al. 1989, Ghelli y Lalaurette 2000). En el caso de la precipitación, estas tablas se calculan por umbrales de precipitación, o sea, para observaciones/predicciones de precipitación mayores o iguales que un determinado umbral (20 mm en 24 horas por ejemplo. Entonces la tabla típica es de la forma:

	Observación - Sí	Observación - No	Total
Predicción - Sí	a	b	a+b
Predicción - No	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	a+b+c+d

Tabla 1: Ejemplo de tabla de contingencia

De acuerdo entonces con la tabla anterior se definen los índices de acierto y fallo de la predicción, los principales son:

- ❑ **Probabilidad de detección (POD) = $a / (a+c)$**
Representa, como su nombre indica, la tasa de aciertos en %, ya que se define como el cociente entre los casos en los que se ha previsto el fenómeno y se ha observado respecto de todos los casos en los que se ha observado. Se trata de un parámetro muy válido para distinguir los aciertos de las predicciones que se están verificando.
- ❑ **Tasa de falsas alarmas (FAR) = $b / (a+b)$**
Representa la cantidad de veces que se ha previsto el fenómeno y no se ha observado dividido por el número de veces que se ha previsto. Es un parámetro muy importante ya que mide la importancia relativa del POD (un POD alto pero con un FAR alto no tiene mucho valor).
- ❑ **Bias = $(a+b) / (c+d)$**
Mide, como siempre, la desviación sistemática de la predicción respecto de la observación del fenómeno. Da información sobre si se está prediciendo de más o de menos respecto del fenómeno observado.
- ❑ **Frecuencia de observación (FO) = $(a+c) / (a+b+c+d)$**
La FO no es exactamente un índice de validación, sino que sirve para complementar la información proporcionada por el POD y el Bias, ya que ambos índices son más significativos cuanto mayor sea la frecuencia de observación del fenómeno. Por ejemplo, un $POD = 0$, pero con $FOD = 0.1\%$, no es significativo ya que el fenómeno se ha observado muy raramente.
- ❑ **Frecuencia de predicción (FP) = $(a+b) / (a+b+c+d)$**
La frecuencia de predicción es el complemento de significación de la tasa de falsas alarmas (FAR) ya que nos mide cuántas veces se ha predicho el fenómeno. Igual que con el FO, una tasa de falsas alarmas del 100%, que es un valor muy malo, con un FP del 0.1% pierde completamente su significación (simplemente se ha previsto una vez y no se ha observado).

Pueden calcularse muchos más índices a partir de una tabla de contingencia, pero creemos que los presentados aquí bastan para dar una idea de la calidad de las predicciones de precipitación obtenidas a partir de los modelos de los que dispone operativamente el INM.

3. Datos utilizados

Para el presente trabajo de verificación se han usado las observaciones de precipitación en 24 horas de todas las estaciones de las redes principal y secundaria del INM en la Península Ibérica y Baleares (estaciones pluviométricas) de los años 1996, 1997 y 1998. Como es sabido las medidas de precipitación se hacen tomando como plazo el día pluviométrico, o sea, desde las 07 horas locales de hoy hasta las 07 horas locales de mañana. No hemos incluido las estaciones de Canarias porque creemos que necesitan un tratamiento aparte.

En el caso de los datos deducidos de los modelos numéricos, hemos usado datos de los modelos disponibles operativamente en el INM, es decir, el Centro Europeo (ECMWF) y el Hirlam en sus dos versiones, OPR de baja resolución y HIR de alta resolución. La primera aproximación que hemos tenido que hacer para poder comparar los datos es tomar la precipitación obtenida de los modelos entre las 06 UTC de hoy y las 06 UTC de mañana y, por tanto, suponer que el error cometido es despreciable en términos de los promedios calculados.

Teniendo en cuenta que los modelos se integran varias veces al día (Hirlam) y hasta 10 días (ECMWF), es evidente que para cada día tenemos varias cantidades de precipitación previstas que comparar con las observaciones, de esta manera, hemos seleccionado las siguientes:

- ❑ **Modelo del ECMWF, CEP124218 y CEP126642.** Teniendo en cuenta que del ECMWF hemos usado solamente la pasada operativa de las 12 UTC de cada día, hemos tomado la precipitación prevista por la pasada del D-1 entre las 18 y las 42 horas de predicción y la prevista por la pasada del D-2 entre las 42 y las 66 horas de predicción. Lógicamente ambas son válidas para la precipitación entre las 06 UTC del día D y las 06 UTC del día D+1.
- ❑ **Modelo Hirlam OPR, OPR003006, OPR062400 y OPR124218.** Como el Hirlam OPR se integra a las horas sinópticas principales y hasta 24 o 48 horas de plazo, podemos comparar con las observaciones obtenidas las cantidades nombradas más arriba. Precipitación de la pasada de las 00 del día D, entre 06 y 30 horas de predicción, la de la pasada de las 06 UTC del día D entre las 00 y 24 horas de predicción y la de la pasada de las 12 UTC del D-1 entre 18 y 42 horas de predicción.
- ❑ **Modelo Hirlam HIR, HIR062400.** En el caso del Hirlam de alta resolución (HIR) también se integra cuatro veces al día pero solo hasta 24 horas, de manera que la única precipitación comparable es la de la pasada del día D a las 06 UTC entre 00 y 24 horas de predicción.

En total, tenemos datos de predicción de seis alcances y modelos diferentes. Esto significa que podemos comparar unos modelos con otros, pero también diferentes plazos de predicción dentro de cada modelo (Hirlam OPR y ECMWF), e incluso el efecto de la resolución horizontal en el caso del Hirlam (HIR y OPR).

4. Resultados

PENINSULA Y BALEARES. Error Medio y Error Cuadrático Medio.









3 modelos				6 modelos			
A lo largo del periodo		Para todo el periodo		A lo largo del periodo		Para todo el periodo	
mensual	estacional	mensual	estacional	mensual	estacional	mensual	estacional
							

Tabla 2: Cuadro de parámetros calculados para el Error Medio (Bias) y el Error Cuadrático Medio

estaciones de la base de datos usada (Península y Baleares).

Como ya hemos dicho antes hemos calculado las verificaciones para todas las cuencas hidrográficas de la Península y Baleares (Pirineo Oriental, Norte, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Sur, Sureste, Levante, Ebro y Baleres) independientemente y los resultados se encuentran en la dirección URL antes mencionada. Nosotros vamos a analizar aquí solamente los resultados promedio para todas las

La repartición geográfica de las verificaciones corresponde naturalmente a la zonificación que el INM tiene de las estaciones pluviométricas, o sea, hemos juntado las del mismo código de cuenca.

En la tabla 2 podemos observar los parámetros calculados para el Error Medio (Bias) y el Error Cuadrático Medio. El epígrafe 6 modelos corresponde a la presentación en la misma gráfica de las verificaciones de los seis grupos de datos previstos comentados en el apartado anterior. El epígrafe 3 modelos corresponde a una selección de los 6 anteriores que presentamos por simplicidad (CEP124812, OPR003006 y HIR062400). Como se deduce de la tabla presentamos gráficas tanto para la evolución de los índices mensuales y estacionales a lo largo de los tres años como para los meses y estaciones promedio de los tres años.

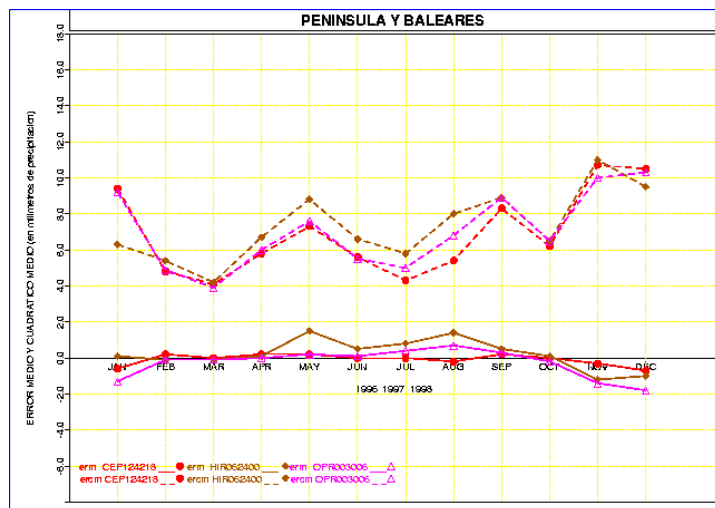


Figura 1: Verificación de los tres modelos para los meses promedio de los tres años (bias y ecm).

PENINSULA Y BALEARES. Indices POD, FAR y Bias mensuales

	3 modelos			6 modelos		
	POD + FO	FAR + FP	Bias + FO	POD + FO	FAR + FP	Bias + FO
Ene.	●	●	●	●	●	●
Feb.	●	●	●	●	●	●
Mar.	●	●	●	●	●	●

Tabla 3: Gráficas disponibles de la verificación por tablas de contingencia.

la frecuencia de predicción, esto se hace para que pueda tenerse una idea de la significación de los resultados obtenidos con los modelos.

En la Figura 2 observamos que los resultados del Centro Europeo son ligeramente mejores que los de Hirlam. En cuanto a los del Hirlam de alta resolución (HIR) son prácticamente iguales a los del Hirlam de baja resolución. Podemos afirmar entonces que los modelos detectan el 70% de los casos de precipitación mayor de 0.5 mm/24horas, es decir, cualquier tipo de precipitación. Sin embargo, este porcentaje disminuye al 25% para precipitaciones mayores de 10 mm/24horas.

En cuanto a las falsas alarmas, de la Figura 3 deducimos que el modelo del Centro Europeo da una tasa menor que Hirlam, sobre todo para precipitaciones entre 10 y 30 mm/24horas. Esto significa que el modelo del ECMWF es más conservador que Hirlam en cuanto a cantidades de precipitación se refiere.

Como ejemplo presentamos en la Figura 1 los resultados de los tres modelos para los meses promedio de los tres años. Se observa en ella que los tres modelos tienen una conducta aproximadamente similar a lo largo del año, con errores mayores en primavera y otoño y menores en verano e invierno. En términos de rms el modelos del Centro Europeo funciona mejor en verano y peor en otoño que el Hirlam OPR. Los mayores errores suelen darse en el Hirlam de alta resolución (HIR). Esto tiene que ver con el hecho ya explicado antes de que estos índices clásicos penalizan excesivamente los desfases en los resultados.

En cuanto a los resultados de las tablas de contingencia, la tabla 3 muestra las gráficas disponibles para todos los meses del año y para las estaciones, todo en promedio en el periodo de los tres años. Se incluyen también los resultados para el total del periodo. Todas las gráficas incluyen los resultados de las tablas de contingencia para umbrales de precipitación de 0.5, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 y 70 mm en 24 horas.

Como ejemplo de resultados presentamos en las Figuras 2, 3 y 4 las curvas de POD, FAR y Bias respectivamente para los tres modelos anteriores, el total del periodo y todas las estaciones. Las gráficas de POD y Bias están acompañadas de la frecuencia de observación del fenómeno y la de FAR de

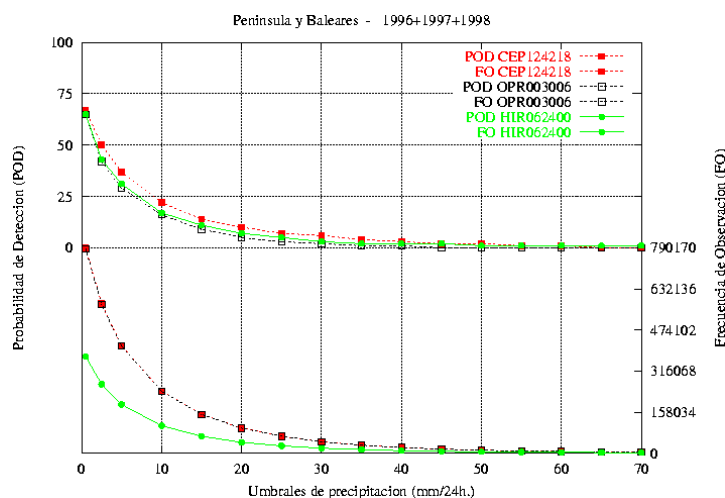


Figura 2: Gráficas de la Probabilidad de detección de la precipitación por umbrales. En la parte inferior se muestra la frecuencia de observación.

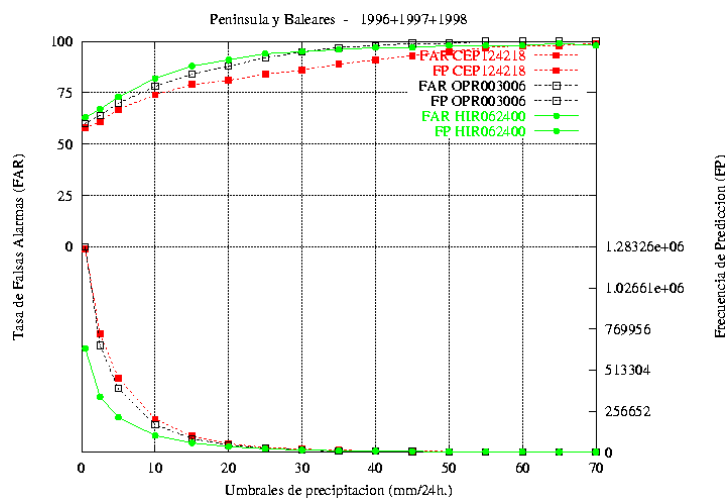


Figura 3: Gráficas de la Tasa de Falsas Alarmas de la precipitación por umbrales. En la parte inferior se muestra la frecuencia de predicción.

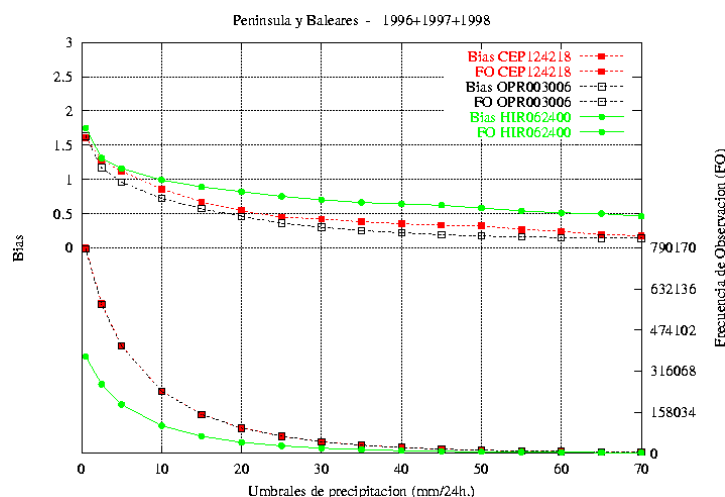


Figura 4: Gráficas del Bias de la precipitación por umbrales. En la parte inferior se muestra la frecuencia de observación.

En la Figura 4 representamos los valores del Bias de la predicción, otra vez los valores del Centro Europeo son mejores que los de Hirlam. Además podemos ver que todos los modelos tienen un bias mayor que 1 para precipitaciones menores de 10 mm/24horas y valores menores que 1 para precipitaciones mayores de 10 mm/24horas, esto significa que las precipitaciones pequeñas se predicen por exceso y las grandes por defecto.

Una vez más queremos recalcar que todos los resultados por cuencas y meses pueden consultarse en la intranet del INM.

5. Conclusiones

Hemos presentado aquí los resultados de la verificación de la precipitación de los modelos numéricos disponibles operativamente en el INM usando como observaciones la red estaciones pluviométricas del INM y para los años 1996, 1997 y 1998. Además de los índices clásicos (error medio y error cuadrático medio) hemos calculado las tablas de contingencia para umbrales de precipitación entre 0 y 70 mm/24horas.

Los resultados indican que todos los modelos considerados dan aproximadamente los mismos índices de verificación, aunque el modelo del Centro Europeo da valores algo mejores que Hirlam.

En cuanto a los valores de los diferentes alcances de los modelos, no se encuentran diferencias apreciables entre los alcances cortos y más largos para cada uno de los modelos.

En general podemos afirmar que los modelos detectan el 70% de las precipitaciones significativas, pero solo el 25% de las mayores de 10 mm/24horas. Al mismo tiempo dan predicciones de precipitación en exceso para cantidades menores de 10 mm/24horas y por defecto para cantidades mayores.

6. Futuro

Pretendemos que este trabajo tenga continuidad de manera que cada año vayamos añadiendo a la base de datos de verificación los datos de ese año. A corto plazo vamos a incluir los datos de los años 1999 y 2000. De esta manera los resultados serán cada vez más significativos al ir ampliándose la base de datos usados en la verificación.

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin la colaboración de parte del personal del Servicio de Modelización Numérica del Tiempo que nos ha proporcionado los datos básicos de los modelos y los programas de interpolación. Queremos, por tanto, agradecer la colaboración de Pablo del Río, Juan Guerra, Carmen Lucía Calvo y Rafael Piernavieja. Asimismo queremos agradecer la colaboración del Servicio de Climatología, en particular de Luis Fernández, que nos han proporcionado los datos de las estaciones de la red climatológica del INM.

Referencias

Daan, H., 1984: "Scoring rules in forecast verification". WMO, Programme on Short- and Medium- Weather Prediction Research (PSMP), no 4, 62 pp.

Murphy, A. H., 1985: "Proposed standard procedures for verification of local weather forecasts". WMO, Programme on Short- and Medium- Weather Prediction Research (PSMP), no 31, 22 pp.

Stanski, H. R., Wilson, L. J., Burrows, W. R., 1989: "Survey of common verification methods in Meteorology". WMO, World Weather Watch, no 8, WMO/TD no 358, 114 pp.

Ghelli, A., Lalaurette, F.: 2000: "Verifying precipitation forecasts using upscaled observations". ECMWF Newsletter, no 87, 9-17.